

Pengaruh Morfologi  $\text{TiO}_2$  dan Dopan Platina Terhadap Produksi Hidrogen dari Air dengan Metode Fotokatalisis  
(Indar Kustiningsih)

Akreditasi LIPI Nomor : 452/D/2010  
Tanggal 6 Mei 2010

## PENGARUH MORFOLOGI $\text{TiO}_2$ DAN DOPANT PLATINA TERHADAP PRODUKSI HIDROGEN DARI AIR DENGAN METODE FOTOKATALISIS

Indar Kustiningsih<sup>1,2</sup>, Hilda Mareta<sup>2</sup>, Dian Mustofa<sup>2</sup>, Slamet<sup>1</sup>  
dan Widodo Wahyu Purwanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Kimia, FT-UI  
Kampus Baru UI, Depok 16424

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Kimia, FT-Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,  
Jl. Jenderal Sudirman Km. 3, Cilegon 42435  
e-mail: slamet@che.ui.ac.id

### ABSTRAK

**PENGARUH MORFOLOGI  $\text{TiO}_2$  DAN DOPANT PLATINA TERHADAP PRODUKSI HIDROGEN DARI AIR DENGAN METODE FOTOKATALISIS.** Pengaruh morfologi  $\text{TiO}_2$  dan dopant Pt terhadap produksi hidrogen telah dievaluasi. Produksi  $\text{TiO}_2$  nanotubes ( $\text{TiO}_2$  NT) dilakukan dengan menggunakan kombinasi sonikasi dan *hydrothermal treatment*, sedangkan dopant Pt dideposisi ke permukaan  $\text{TiO}_2$  NT dengan metode fotodeposisi. Sebagai pembanding adalah  $\text{TiO}_2$  Degussa P25 nanopartikel. Sonikasi dilakukan di *ultrasonic cleaner* selama 60 menit dilanjutkan dengan proses hidrotermal di dalam *autoclave* selama 12 jam pada suhu 130 °C. Karakterisasi katalis dilakukan dengan *Scanning Electron Microscope (SEM)*, *X-Ray Powder Diffractometer (XRD)*, *UV-Vis Diffuse Reflectance Spectroscopy (UV-Vis DRS)* dan *Brunauer-Emmet-Teller (BET)*. Produksi hidrogen dilakukan dalam reaktor yang terbuat dari *pyrex*, dengan argon dialirkan secara kontinyu. *Sacrificial agent* yang digunakan adalah metanol. Dari hasil *SEM* menunjukkan morfologi katalis yang dihasilkan memiliki morfologi nanotubes. Penambahan dopant Pt pada  $\text{TiO}_2$  NT dapat meningkatkan produksi hidrogen sebanyak 18 kali dibandingkan dengan tanpa menggunakan dopant Pt.

**Kata kunci :**  $\text{TiO}_2$  nanotubes, Platina, Hidrogen, Fotokatalisis

### ABSTRACT

**THE INFLUENCE OF  $\text{TiO}_2$  MORPHOLOGY AND DOPED Pt ON HYDROGEN PRODUCTION FROM WATER WITH PHOTOCATALYTIC METHOD.** The influence of  $\text{TiO}_2$  morphology and doped Pt on hydrogen production has been investigated.  $\text{TiO}_2$  nanotubes ( $\text{TiO}_2$  NT) were obtained by using combination of sonication and hydrothermal methods. Pt was doped on the surface of  $\text{TiO}_2$  NT by using photo-deposition method.  $\text{TiO}_2$  Degussa P25 nanoparticle was employed as comparison. Sonication was performed using ultrasonic cleaner for 60 min then followed by hydrothermal treatment in a teflon lined stainless steel autoclave for 12 hours at 13 °C.  $\text{TiO}_2$  nanotubes were characterized by means of X-Ray Powder Diffractometer (XRD), Scanning Electron Microscope (SEM), UV-Vis Diffuse Reflectance Spectroscopy (UV-Vis DRS) and Brunauer-Emmet-Teller (BET) technique. A pyrex reactor was employed to conduct hydrogen production while methanol was used as sacrificial agent. The result shows by using Pt/ $\text{TiO}_2$  NT increased hydrogen production about 18 times than that of  $\text{TiO}_2$  NT without Pt doped.

**Key words :**  $\text{TiO}_2$  nanotubes, Platina, Hydrogen, Photocatalytic

### PENDAHULUAN

Hidrogen merupakan sumber bahan bakar yang dapat digunakan sebagai alternatif pengganti bahan bakar yang ada saat ini. Bahan bakar hidrogen dapat diproduksi dari sumber energi yang dapat diperbaharui. Menurut data yang ada, kontribusi energi terbarukan hanya berkisar sekitar 5% untuk memproduksi hidrogen terutama melalui metode elektrolisis air, sementara sekitar

95% lainnya, produksi hidrogen banyak diperoleh dari bahan bakar fosil [1]

Produksi hidrogen menggunakan proses *photocatalytic water splitting* merupakan salah satu metode yang potensial untuk memperoleh energi bersih dan terbarukan dari sumber air yang melimpah menggunakan energi matahari.  $\text{TiO}_2$  merupakan

fotokatalis yang banyak digunakan untuk *water splitting* dibandingkan semikonduktor lain, karena memiliki aktifitas fotokatalis dan stabilitas fotokimia yang tinggi serta harganya yang relatif murah [2,3]. Disamping itu,  $\text{TiO}_2$  juga memenuhi persyaratan khusus untuk *water splitting*, yaitu memiliki posisi pita konduksi dan pita valensi tertentu agar dapat terjadi pembentukan hidrogen dan oksigen dari air secara spontan, yaitu sebesar 1,23 eV [4].

Beberapa metode untuk meningkatkan *water splitting* dari  $\text{TiO}_2$ , diantaranya adalah memodifikasi fotokatalis  $\text{TiO}_2$  dengan membentuk morfologi seperti *nanomaterial* (*nanofiber*, *nanotube*, *nanowires*), *metal loading*, *metal ion doping*, *dye sensitization*, *composite semiconductor*, *anion doping* dan *metal ion implantation*. Selain itu beberapa peneliti mempelajari pengaruh penambahan *sacrificial reagent* dan garam-garam karbonat untuk menghambat rekombinasi elektron dengan cepat atau *hole pairs* dan *backward reactions* [1]. Akan tetapi *water splitting* menggunakan katalis  $\text{TiO}_2$  masih memiliki efisiensi yang rendah. Hal ini disebabkan masih tingginya proses rekombinasi antara *hole* dan elektron tereksitasi baik di *bulk* maupun permukaan katalis.

Untuk meningkatkan produksi hidrogen dapat dilakukan beberapa modifikasi, diantaranya modifikasi morfologi  $\text{TiO}_2$  untuk meningkatkan luas permukaan dan modifikasi menggunakan *dopant* logam untuk mengurangi rekombinasi. Beberapa modifikasi morfologi  $\text{TiO}_2$  yang telah dikembangkan oleh para peneliti diantaranya adalah *nanotubes*, *nanowires*, *nanofiber*, *nanorods* dan beberapa bentuk lain [5]. Diantara bentuk nano material yang telah disebutkan *nanotubes* merupakan morfologi yang memiliki beberapa keunggulan, diantaranya memiliki luas permukaan yang jauh lebih tinggi, kemampuan *ion exchange* dan aktifitas fotokatalis yang tinggi untuk berbagai aplikasi [4].

Sintesis  $\text{TiO}_2$  NT dapat dilakukan beberapa metode, diantaranya *sol gel* [6], metode *templatte* [7], *electrochemical anodic oxidation* [8] dan *hydrothermal* [6, 9-11]. Diantara beberapa metode tersebut, metode *hydrothermal* merupakan metode yang paling mudah dibandingkan yang lain. Kelemahan metode ini salah satunya membutuhkan waktu reaksi yang lama. Beberapa peneliti memodifikasi metode ini untuk mempersingkat waktu reaksi, salah satunya dengan kombinasi sonikasi dan *hydrothermal* [12,13]. Untuk mengurangi rekombinasi *hole* dan elektron tereksitasi digunakan *dopant* logam. *Dopant* Pt merupakan *dopant* logam paling efektif untuk produksi hidrogen karena menjadi pusat aktif untuk reduksi air dengan menjerat elektron yang tereksitasi [14,15]. Untuk meningkatkan performa fotokatalitik dengan *dopant* Pt, beberapa peneliti memberikan perhatian khusus terhadap struktur  $\text{TiO}_2$  untuk menghasilkan distribusi *dopant* Pt yang homogen [16-18], diantaranya dengan menyediakan  $\text{TiO}_2$  dengan *surface area* yang tinggi.

Pada penelitian ini untuk meningkatkan produksi hidrogen dilakukan sintesis  $\text{Pt/TiO}_2$  NT. Sintesis  $\text{TiO}_2$  *nanotubes* dilakukan menggunakan metode sonikasi hidrotermal, sedangkan metode untuk *dopant* Pt menggunakan metode fotodeposisi. Sebagai pembanding dilakukan pula sintesis  $\text{Pt/TiO}_2$  P25 nanopartikel.

## METODE PERCOBAAN

Proses pembuatan  $\text{TiO}_2$  NT dengan menggunakan metode yang telah digunakan sebelumnya yaitu kombinasi sonikasi dan *hydrothermal*. 2 gram  $\text{TiO}_2$  P-25 Degussa dicampur dengan 100 mL larutan NaOH 10 M, dilanjutkan dengan proses sonikasi menggunakan *ultrasonic bath* selama 1 jam. Kemudian dimasukkan ke dalam *autoclave* pada suhu 130 °C selama 12 jam. Sampel yang dihasilkan kemudian dicuci dengan larutan HCl 0,2 N sampai pH 2. Pencucian kemudian dilanjutkan dengan air sampai pH 6 hingga pH 7. Tahap berikutnya adalah pengeringan di dalam *atmospheric furnace* pada suhu 150 °C. Untuk *dopant* Pt dilakukan dengan metode fotodeposisi di larutan metanol dengan *loading* Pt sebesar 0,5 % berat. Selanjutnya dilakukan kalsinasi pada suhu 500 °C selama 1 jam.

Karakterisasi fasa yang dihasilkan menggunakan X-Ray Diffraction (XRD) Philips PW 1710 *Diffractionmeter* Ni-filtered Cu K $\alpha$  radiation ( $\lambda = 0,154056$ ) yang beroperasi pada 40 kV dan 30 mA. Jarak *scanning*  $2\theta = 5^\circ$  hingga  $60^\circ$  dengan *step size* =  $0,01^\circ$  dan *time per step* = 1,0 detik. Karakterisasi morfologi menggunakan SEM JEOL JSM-6390A yang dilengkapi dengan *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (EDS). Untuk mengukur luas permukaan spesifik BET menggunakan *Quantachrome Autosorb-6*, untuk mendapatkan luas permukaan spesifik BET ( $S_{\text{BET}}$ ), yang ditentukan dengan metode *multipoint BET* menggunakan data absorpsi  $\text{N}_2$  pada tekanan relatif ( $P/P_0$ ) dari 0,05 hingga 0,3 sebanyak 7 titik. Untuk mengukur energi *band gap* sampel digunakan UV-Vis *Diffuse Reflectance Spectroscopy* (UV-Vis DRS) SHIMADZU 2450.

Uji aktifitas fotokatalitik  $\text{TiO}_2$  *nanotubes* dilakukan untuk produksi hidrogen di sebuah reaktor yang terbuat dari *pyrex* yang dilengkapi 6 buah lampu UV *black light* (10 Watt). Sejumlah sampel ditambahkan ke larutan metanol dengan konsentrasi metanol sebesar 20 %. *Loading* katalis yang digunakan sebesar 1 g/L. Untuk menjaga homogenitas katalis  $\text{TiO}_2$  *nanotubes* di dalam reaktor digunakan pengaduk magnetik. Untuk menghilangkan nitrogen dan oksigen serta gas lain, dilakukan *purging* menggunakan gas argon. Selama proses reaksi gas argon secara kontinyu dimasukkan ke dalam reaktor dengan kecepatan tertentu. Aliran gas keluar dari reaktor dimasukkan ke dalam *Gas Chromatography* (GC) untuk diukur hidrogen yang terbentuk. GC yang digunakan Shimadzu GC 8A yang dilengkapi dengan *Thermal Conductivity Detector*

(TCD) dan sebuah kolom *stainless steel* dengan *Molecular Sieve*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Uji *Scanning Electron Microscope - Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy*

$\text{TiO}_2$  NT yang dihasilkan dari proses kombinasi sonikasi dan *hydrothermal* dilanjutkan dengan proses fotodeposisi Pt di larutan metanol. Untuk mengetahui

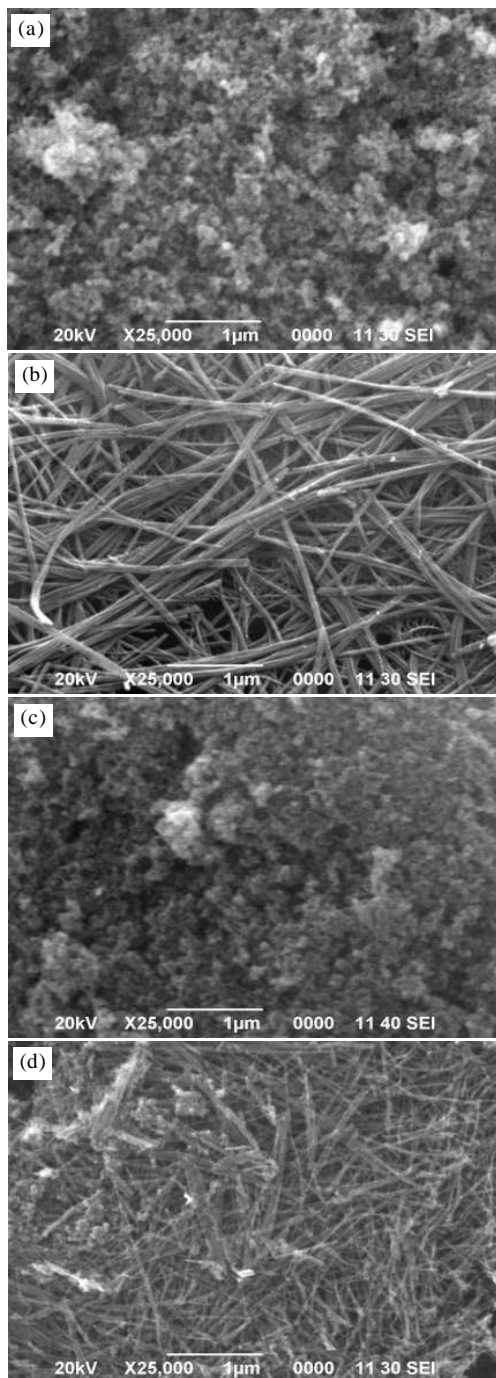
pengaruh deposisi Pt terhadap morfologi  $\text{TiO}_2$  NT maka dilakukan pengujian *Scanning Electron Microscope - Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDS)*. Untuk perbandingan morfologi *nanotubes* dengan nanopartikel, pada penelitian ini telah diuji juga  $\text{TiO}_2$  P25 dan  $\text{Pt/TiO}_2$  P25. Hasil analisis *SEM-EDS* pada  $\text{TiO}_2$  P25,  $\text{Pt/TiO}_2$  P25,  $\text{TiO}_2$  NT dan  $\text{Pt/TiO}_2$  dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1(a) merupakan hasil analisis *SEM*  $\text{TiO}_2$  P25. Terlihat jelas bahwa  $\text{TiO}_2$  P25 merupakan nanopartikel dengan bentuk granular. Gambar 2(b) merupakan hasil analisis  $\text{TiO}_2$  setelah proses kombinasi sonikasi dan *hydrothermal* yang dilanjutkan dengan proses pencucian. Dapat dilihat dengan jelas bahwa  $\text{TiO}_2$  hasil proses tersebut memiliki morfologi *nanotubes*. Gambar 1(c) dan Gambar 1(d) merupakan hasil analisis *SEM*  $\text{TiO}_2$  P25 dan  $\text{TiO}_2$  NT setelah proses fotodeposisi Pt. Dapat dilihat setelah proses fotodeposisi ada sedikit perubahan terhadap morfologi baik nanopartikel maupun *nanotubes*. Pada  $\text{Pt/TiO}_2$  P25 terlihat ukuran butiran menjadi lebih kecil dibandingkan dengan perkursor  $\text{TiO}_2$  P25, sedangkan pada  $\text{Pt/TiO}_2$  P25 terlihat morfologi *nanotubes* menjadi lebih mengecil dan terlihat tidak halus lagi. *Dopant* Pt pada  $\text{TiO}_2$  *nanotubes* dengan proses *fotodeposisi* tidak menyebabkan kerusakan terhadap morfologi *nanotubes* [19].

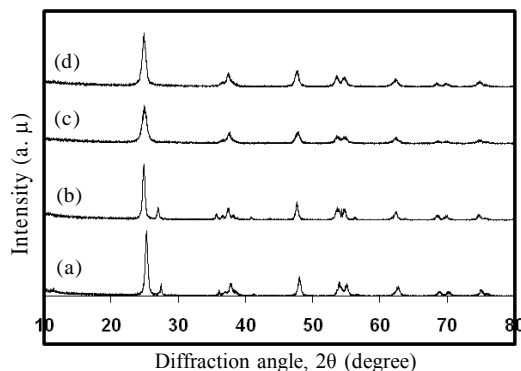
Untuk mengetahui penyebaran Pt pada katalis  $\text{TiO}_2$  *nanotubes* maupun  $\text{TiO}_2$  P25 nanopartikel dilakukan pengujian *mapping* pada analisis *SEM*. Dari Hasil pengujian *mapping* diperoleh penyebaran *dopant* Pt cukup merata baik pada katalis  $\text{Pt/TiO}_2$  NT maupun  $\text{Pt/TiO}_2$  P25. Untuk mengetahui persentase massa *dopant* Pt untuk kedua katalis tersebut dilakukan analisis *EDS*. Hasil analisis *EDS* dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil analisis *EDS* pada katalis  $\text{Pt/TiO}_2$  dan  $\text{Pt/TiO}_2$  NT

Unsur	% massa	
	$\text{Pt/TiO}_2$ P25	$\text{Pt/TiO}_2$ NT
Ti	50.72	36.35
O	49.05	62.70
Pt	0.22	0.22



**Gambar 1.** Hasil Analisis *SEM* (a)  $\text{TiO}_2$  Degussa P25, (b)  $\text{TiO}_2$  *nanotubes*, (c)  $\text{Pt/TiO}_2$  P25 dan (d)  $\text{Pt/TiO}_2$  *nanotubes*



**Gambar 2.** Hasil analisis *XRD* katalis (a).  $\text{TiO}_2$  (b).  $\text{Pt/TiO}_2$  (c).  $\text{TiO}_2$  NT dan (d).  $\text{Pt/TiO}_2$  NT

Dari Tabel 1 dapat dilihat Pt yang terdepositasi pada katalis Pt/TiO<sub>2</sub> dan Pt/TiO<sub>2</sub> NT memiliki persentase yang sama, yaitu sebesar 0,22 persen. Hal ini menunjukkan bahwa dengan proses fotodeposisi tidak semua Pt dapat terdepositasi sempurna ke permukaan katalis Pt/TiO<sub>2</sub> dan Pt/TiO<sub>2</sub> NT.

### Hasil Analisis X-Ray Diffractometer

Untuk mengetahui fasa Kristal katalis Pt/TiO<sub>2</sub> dan Pt/TiO<sub>2</sub> NT yang dihasilkan maka dilakukan analisis XRD. Untuk perbandingan juga dilakukan pengujian XRD pada katalis TiO<sub>2</sub> P25 dan TiO<sub>2</sub> NT. Hasil analisis keempat katalis tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.

Dari Gambar 2. dapat dilihat TiO<sub>2</sub> NT memiliki fasa kristal *anatase*, tidak tampak adanya kristal *rutile* baik pada katalis TiO<sub>2</sub> NT maupun katalis Pt/ TiO<sub>2</sub> NT. Akan tetapi TiO<sub>2</sub> NT memiliki kristalinitas yang lebih rendah dibandingkan dengan TiO<sub>2</sub> P25. Pada katalis Pt/TiO<sub>2</sub> NT terlihat *peak* yang terbentuk memiliki puncak yang lebih tinggi dibandingkan dengan TiO<sub>2</sub> NT. Hal ini mengindikasikan dengan penambahan *dopant* Pt dapat meningkatkan kristalinitas katalis TiO<sub>2</sub> NT. Akan tetapi hal ini tidak berlaku untuk katalis TiO<sub>2</sub> P25. Penambahan *dopant* Pt menyebabkan ketinggian puncak puncak kristal menjadi lebih kecil. Fasa *rutile* masih tetap terlihat pada katalis Pt/TiO<sub>2</sub> P25. Perhitungan ukuran kristal dilakukan menggunakan metode *scherrer* [20]. Hasil perhitungan masing-masing katalis dapat dilihat pada Tabel 2.

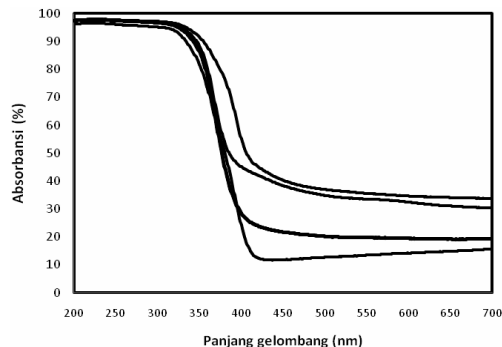
Fasa kristal TiO<sub>2</sub> NT setelah kalsinasi 500 °C tidak terbentuk fasa *anatase* [21]. Kristal *anatase* terbentuk setelah kalsinasi antara suhu 400 °C hingga 600 °C, akan tetapi struktur *nanotubes* menjadi rusak [22]. Fasa TiO<sub>2</sub> NT sebagian besar *anatase* tetapi terbentuk *rutile* dalam jumlah yang sedikit [23]. Beberapa penelitian memperoleh TiO<sub>2</sub> NT dengan fasa *anatase* tanpa merusak morfologi *nanotubes* dan tidak terbentuk *rutile* dengan metode pembuatan *anodic oxidation* [24] dan metode *sol gel* [25].

### Hasil Analisis BET dan DRS

Katalis yang di analisis luas permukaannya adalah TiO<sub>2</sub> P25 dan TiO<sub>2</sub> *nanotubes* sebelum di kalsinasi. Hasil analisis BET masing-masing sebesar 54 m<sup>2</sup>/g dan 259 m<sup>2</sup>/g. Dari hasil analisis BET terlihat jelas

Tabel 2. Ukuran kristal katalis hasil perhitungan dengan metode *scherrer*

Katalis	Ukuran kristal, (nm)
TiO <sub>2</sub> P25	18
TiO <sub>2</sub> NT	9
Pt/TiO <sub>2</sub> P25	20
Pt/TiO <sub>2</sub> NT	13



Gambar 3. Hasil analisis UV-Vis Spektrum katalis (a). TiO<sub>2</sub>P25, (b) TiO<sub>2</sub>NT, (c) Pt/TiO<sub>2</sub>P25 dan (d). Pt/ TiO<sub>2</sub>NT,

Tabel 3. Hasil perhitungan energi *band gap* dari analisis UV-Vis DRS

Katalis	<i>Band gap</i> (eV)
TiO <sub>2</sub> P25	3.05
TiO <sub>2</sub> NT	3.02
Pt/TiO <sub>2</sub> P25	2.81
Pt/ TiO <sub>2</sub> NT	2.97

morfologi *nanotubes* memberikan luas permukaan yang jauh lebih besar dibandingkan dengan luas permukaan nanopartikel

Untuk mengetahui pengaruh penambahan *dopant* Pt terhadap energi *band gap* katalis TiO<sub>2</sub> P25 dan TiO<sub>2</sub> NT maka dilakukan pengujian UV-Vis. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 3.

Dari Gambar 3 dapat dilihat dengan penambahan *dopant* Pt dapat meningkatkan absorbansi terhadap sinar tampak dengan panjang gelombang berkisar antara 411 nm hingga 442 nm. Penyerapan sinar tampak yang terbaik dihasilkan oleh katalis Pt/TiO<sub>2</sub> P25. Dari pola UV-Vis DRS tersebut dapat pula digunakan untuk menghitung *band gap* dari katalis yang dihasilkan. Hasil perhitungan energi *band gap* masing-masing katalis dapat dilihat pada Tabel 3.

Dari Tabel 3 dapat dilihat dengan mengubah bentuk nanopartikel ke bentuk *nanotubes* tidak mengubah besarnya energi *band gap* secara signifikan, walaupun absorbansi terhadap sinar tampak meningkat. Akan tetapi dengan menambahkan *dopant* Pt baik pada TiO<sub>2</sub> nanopartikel maupun TiO<sub>2</sub> *nanotubes* dapat menurunkan energi *band gap*.

### Aktifitas Katalis pada Produksi Hidrogen

Pada tahap ini dilakukan pengujian aktivitas fotokatalis antara TiO<sub>2</sub> P25, TiO<sub>2</sub> NT, Pt/ TiO<sub>2</sub> P25 dan Pt/TiO<sub>2</sub> NT dalam memproduksi hidrogen dari air. Sumber energi foton yang digunakan adalah 6 buah lampu UV 10 watt. Metanol digunakan sebagai *sacrificial agent* dengan konsentrasi sebesar 20%. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.

Dari Gambar 4 terlihat morfologi  $\text{TiO}_2$  mempunyai peranan penting terhadap produksi hidrogen. Dengan menggunakan  $\text{TiO}_2$  morfologi *nanotubes*, hidrogen yang terbentuk menjadi dua kali lebih besar dibandingkan dengan katalis  $\text{TiO}_2$  nanopartikel, meskipun katalis  $\text{TiO}_2$  NT memiliki kristalinitas yang lebih rendah dibandingkan  $\text{TiO}_2$  P25 nanopartikel. Hal ini juga terlihat pada katalis dengan *dopant* Pt. Produksi hidrogen katalis  $\text{Pt/TiO}_2$  NT jauh lebih besar dibandingkan dengan katalis  $\text{Pt/TiO}_2$  P25. Pengujian produksi hidrogen menggunakan katalis  $\text{Au/TiO}_2$  dengan *sacrificial agent* etanol. Kristalinitas  $\text{TiO}_2$  pada katalis  $\text{Au/TiO}_2$  sangat berpengaruh terhadap produksi hidrogen.  $\text{TiO}_2$  dengan fasa *anatase* dapat memproduksi hidrogen 100 kali lebih besar dibandingkan dengan fasa *rutile*. Pada penelitian ini  $\text{TiO}_2$  yang digunakan memiliki fasa *anatase*, akan tetapi kristalinitas untuk katalis  $\text{TiO}_2$  P25 dan  $\text{TiO}_2$  NT baik yang dengan *dopant* maupun tidak memiliki kristalinitas yang berbeda.

Gambar 4 menunjukkan *dopant* platina mampu meningkatkan produksi hidrogen, baik itu bagi  $\text{TiO}_2$  degussa P-25 maupun  $\text{TiO}_2$  NT. Setelah lima jam pengujian dengan menggunakan iradiasi lampu *ultraviolet*, fotokatalis  $\text{TiO}_2$  NT *dopant* Pt dapat menghasilkan hidrogen hingga 803  $\mu\text{mol}$  atau sebesar 18 kali lebih banyak dibandingkan fotokatalis  $\text{TiO}_2$  NT yang hanya mampu menghasilkan hidrogen sebesar 44  $\mu\text{mol}$ . Sedangkan pada fotokatalis  $\text{TiO}_2$  degussa P-25 *dopant* Pt dapat menghasilkan hidrogen hingga 234  $\mu\text{mol}$  atau sebesar 10 kali lebih banyak dibandingkan fotokatalis  $\text{TiO}_2$  degussa P-25 yang hanya mampu menghasilkan hidrogen sebesar 22  $\mu\text{mol}$ . Terlihat bahwa *dopant* Pt di katalis dengan morfologi *nanotubes* dapat meningkatkan produksi hidrogen sangat signifikan. Jika dilihat hasil karakterisasi EDX di Tabel 1, Pt yang terdepositasi di katalis  $\text{TiO}_2$  NT maupun  $\text{TiO}_2$  P25 sama, yaitu 0,22%, kemungkinan penyebab perbedaan aktifitas kedua katalis ini adalah penyebaran *dopant* Pt di katalis  $\text{TiO}_2$  *nanotubes* jauh lebih baik dibandingkan dengan penyebaran di katalis  $\text{TiO}_2$  nanopartikel. Hal ini sesuai hasil penelitian yang dilakukan peneliti sebelumnya bahwa *dopant* Pt akan meningkatkan produksi hidrogen yang jauh lebih signifikan ketika di *dopant* pada katalis

$\text{TiO}_2$  yang memiliki kristalinitas dan miliki luas permukaan yang tinggi [27].

## KESIMPULAN

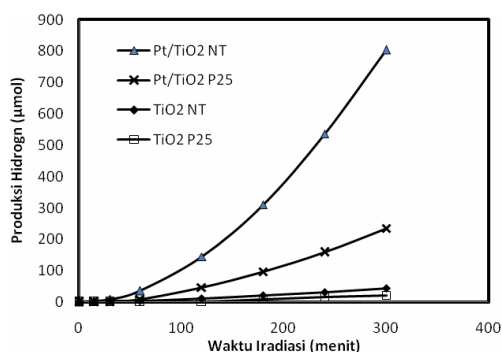
Pada penelitian ini telah berhasil dibuat  $\text{Pt/TiO}_2$  *nanotubes* tanpa merusak morfologi *nanotubes*. *Dopant* Pt yang terdepositasi ke permukaan  $\text{TiO}_2$  *nanotubes* sebesar 0,22%. Dengan penambahan *dopant* Pt dapat meningkatkan kristalinitas  $\text{TiO}_2$  *nanotubes* yang signifikan, dan dapat meningkatkan absorbansi terhadap sinar tampak. Morfologi  $\text{TiO}_2$  memiliki peranan yang penting terhadap aktifitas *dopant* Pt. *Dopant* Pt pada katalis  $\text{TiO}_2$  dengan morfologi *nanotubes* jauh lebih baik dibandingkan dengan  $\text{Pt/TiO}_2$  nanopartikel. Dengan menggunakan  $\text{Pt/TiO}_2$  NT dapat meningkatkan produksi hidrogen 18 kali lebih banyak dibandingkan dengan  $\text{TiO}_2$  *nanotubes*. Sedangkan  $\text{Pt/TiO}_2$  P25 hanya meningkatkan produksi hidrogen sebesar 10 kali dibandingkan  $\text{TiO}_2$  P25.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Indonesia melalui penelitian Hibah Pasca Sarjana (No Kontrak 1721/H2.R12.3/PPM.00Penelitian/2010) atas kontribusi financial dan kerjasamanya dalam penyelenggaraan penelitian ini.

## DAFTAR ACUAN

- [1]. M. NI, K.H. LEUNG, Y.C. LEUNG DENNIS, K. SUMATHY, *Renewable and Sustainable Energy Rev.*, **11** (2007) 401-425
- [2]. C.M. LIN, S.K. YEN. *Mater. Sci. Eng.*, **C 26** (2006) 54
- [3]. A.M. CARICATO, M. MARTINO, R. RELLA, F. ROMANO, J. SPADAVECCHIA, T. TUNNO, D. VALERINI, *Appl. Surf. Sci.*, **253** (2007) 6471
- [4]. H.H. OU, S.L. LO, *Sep Purif Technol.*, **58** (2007) 179-191
- [5]. O. CARP, C.L. HUIMAN, A. RELLER, *Prod. Solid. State Chem.*, **32** (2004) 33-177
- [6]. T. KASUGA, M. HIRAMATSU, A. HOSON, T. SEKINO, K. NIIHARA, *Langmuir*, **14** (1998) 3160-3163
- [7]. J.H. LEE, I.C. LEU, M.C. HSU, Y.W. CHUNG, M.H. HON, *J. Phys. Chem.*, **B 109** (2005) 13056-13059
- [8]. H. TSUCHIYA, J.M. MACAK, L. TAVEIRA, E. BALAUR, A. GHICOV, K. SIROTA, P. SCHMUKI, *Electrochem. Commun.*, **7** (2005) 576-580
- [9]. S. ZHANG, W. LI, Z. JIN, J. YANG, J. ZHANG, Z. DU, Z. ZHANG, *J. Solid State Chem.*, **11** (2004) 1365-1371
- [10]. A. THORNE, A. KRUTH, D. TUNSTALL, J.T.S. IRVINE, W. ZHOU, *J. Phys. Chem.*, **11** (2004) 1365-1371



Gambar 4. Pengaruh *dopant* Platina terhadap kinerja  $\text{TiO}_2$  dalam produksi hidrogen dari air pada lampu Ultra Violet

- [11]. C.C. TSAI, J.N. NIAN, H. TENG, *Appl. Surf. Sci.*, **253** (2006) 1898-1902
- [12]. Y. MA, Y. LIN, X. XIAN, X. ZHOU, X. LI, *Materials Research Bulletin*, (2006) 237-243
- [13]. I. KUSTININGSIH, SLAMET, S. BEI, W.W. PURWANTO, *Prosiding ISSEEP Yogyakarta, Indonesia*, (2009)
- [14]. G.R. BAMWENDA. S. TSUBOTA, T. NAKAMURA, M. HARUTA, *J. Photochem Photobiol*, **A89** (1995) 177-189
- [15]. Y.Z. YANG, C.H. CHANG, H. IDRISS, *Appl. Catal. B Environ.*, **67** (2006) 217-222
- [16]. D.W. JING, Y.J. YANG, L.J. GUO, *Chem. Phys. Lett.*, **415** (2005) 74-78
- [17]. T. SREETHAWONG, S. YOSHIKAWA, *Int. J. Hydrogen Energy*, **6** (2005) 661-668
- [18]. T. SREETHAWONG, S. YOSHIKAWA, *Int. J. Hydrogen Energy*, **31** (2006) 786-796
- [19]. S.H. CHIEN, Y.C. LIOU and M.C. KUO, *Synthetic Metals*, **152** (2005) 333-336
- [20]. H. WELLER, *Chem. Int. Ed. Engl.*, **32** (1993) 41-53
- [21]. Y. SUZUKI, S. YOSHIKAWA, *J. Mater. Res.*, **19** (2004) 982
- [22]. A.R. ARMSTRONG. G. ARMSTRONG, J. CANALES, P.G. BRUCE, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **43** (2004) 2286
- [23]. S.K. MOHAPATRA, M. MISRA, V.K. MAHAJAN, K.S. RAJA, *Journal of Catalysis*, **246** (2007) 362-369
- [24]. X. QUAN, D.G. YANG, X.L. RUAN, H.M. ZHAO, *Environ. Sci. Technol.*, **32** (1998) 994-999
- [25]. H. IMAI, Y TAKEI, K.SHIMIZU, M. MATSUDA, H. HIRASHIMA, *J. Mater. Chem.*, **9** (1999) 2971-2973
- [26]. M. MURDOCH, G.I.N. WATERHOUSE, M.A. NADEEM, J.B. METSON, M.A. KEANE, R.F. HOWE, J. LIORCA AND H. IDRISS, *Nature Chemistry*, **3** (2011) 489-492
- [27]. W. SUN, S. ZHANG, Z. LIU, C. WANG, Z. MAO, *Int. J. Hydrogen Energy*, **33** (2008) 1112-1117